

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
21. November 2002 (21.11.2002)

PCT

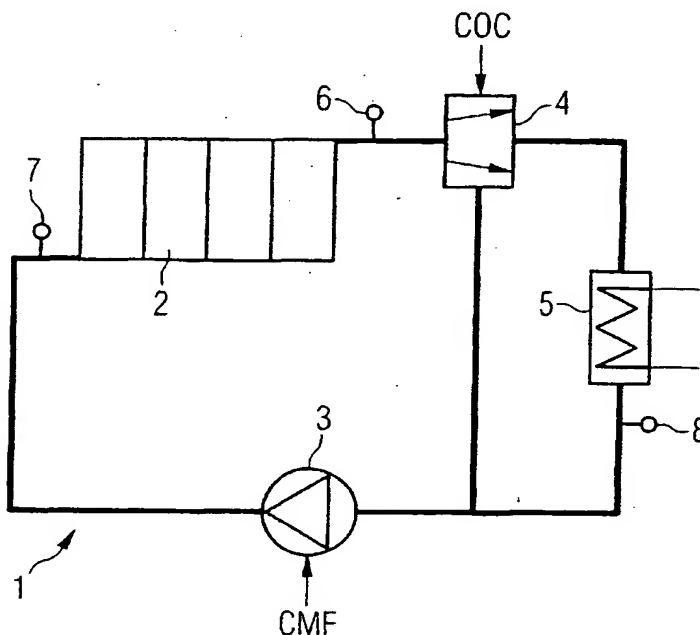
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 02/092975 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F01P 7/16 (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KILGER, Michael  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/01574 [DE/DE]; Schlosswiese 13, 93326 Abensberg (DE).  
(22) Internationales Anmeldedatum: 30. April 2002 (30.04.2002) (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).  
(25) Einreichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaat (national): US.  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).  
(30) Angaben zur Priorität: 101 23 444.9 14. Mai 2001 (14.05.2001) DE  
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR ADJUSTING COOLANT TEMPERATURE IN AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM REGELN DER KÜHLMITTELTEMPERATUR EINER BRENNKRAFTMASCHINE



(57) Abstract: A method for adjusting coolant temperature in an internal combustion engine (2), whereby the coolant circuit thereof contains an electrically driven coolant pump (3) and an electrically controllable bypass valve (4). If the setpoint value of the coolant temperature changes in an abrupt manner, the rotating speed of the coolant pump (3) rises during a short interval in order to reduce the dead time required for adjustment. A Smith controller, which takes into account dead times of the system, is used to regulate the bypass valve

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/092975 A1

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

**(57) Zusammenfassung:** Verfahren zum Regeln der Kühlmitteltemperatur einer Brennkraftmaschine (2), deren Kühlmittelkreis eine elektrisch angetriebene Kühlmittelpumpe (3) und ein elektrisch steuerbares Bypassventil (4) enthält. Bei abrupten Änderungen des Sollwertes für die Kühlmitteltemperatur wird die Drehzahl der Kühlmittelpumpe (3) kurzfristig angehoben, um die Totzeit der Regelung zu verringern. Außerdem wird zum Regeln des Bypassventils (4) ein Smith-Regler verwendet, der die Totzeiten des Systems berücksichtigt.

## Beschreibung

Verfahren zum Regeln der Kühlmitteltemperatur einer Brennkraftmaschine

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Regeln der Kühlmitteltemperatur in einem Brennkraftmaschinen-Kühlmittelkreis mit einer elektrisch angetriebenen Kühlmittelpumpe und einem elektrisch steuerbaren Bypassventil, das einen veränderlichen Teil des Kühlmittelstroms durch einen Kühler enthaltende Bypassleitung führt.

10

Bei diesem Verfahren werden somit statt eines konventionellen Thermostatventils und einer von der Brennkraftmaschine mechanisch angetriebenen konventionellen Kühlmittelpumpe ein elektrisch gesteuertes Bypassventil und eine elektrisch angetriebene Kühlmittelpumpe verwendet. Hierbei werden die Drehzahl der Kühlmittelpumpe und die Stellung des Bypassventils in Abhängigkeit von der Kühlmitteltemperatur am Ausgang der Brennkraftmaschine und von der Differenz zwischen den Kühlmitteltemperaturen am Ausgang und Eingang der Brennkraftmaschine geregelt.

15

20

Bei diesem Verfahren kann die Drehzahl der Kühlmittelpumpe minimiert werden, um den Energieverbrauch der Kühlmittelpumpe gering zu halten. Aufgrund der hierdurch bedingten geringen Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels ergeben sich allerdings relativ große Totzeiten des Systems. Dies ist besonders dann gravierend, wenn das Bypassventil in der Nähe des Auslasses der Brennkraftmaschine angeordnet ist. Es treten dann sehr lange Verzögerungszeiten auf, bis nach einer Änderung der Stellung des Bypassventils das Kühlmittel am Einlass der Brennkraftmaschine (z.B. zum Kühlen der Brennkraftmaschine) zur Verfügung steht. Dies kann dazu führen, dass bei kurzen Lastsprüngen, wie sie z.B. bei einem Überholvorgang eines zugehörigen Kraftfahrzeuges auftreten, das Kühlmittel erst am

30

35

Einlass der Brennkraftmaschine ankommt, wenn der Überholvorgang bereits beendet ist.

- Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Regeln der Kühlmitteltemperatur der oben beschriebenen Gattung so weiter zu bilden, das die Totzeiten des Systems berücksichtigt und nach Möglichkeit reduziert werden.
- 10 Gemäß einem Aspekt der Erfindung ist vorgesehen, dass bei abrupten Änderungen des Sollwertes für die Kühlmitteltemperatur die Drehzahl der Kühlmittelpumpe kurzfristig angehoben wird. Zu diesem Zweck enthält die Regelung für die Drehzahl der Kühlmittelpumpe vorzugsweise eine Vorsteuerung in Form eines
- 15 PD-Gliedes. Hierdurch wird die Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels entsprechend erhöht, so dass es schneller am Einlass der Brennkraftmaschine zur Verfügung steht. Die kurzzeitige Anhebung der Pumpendrehzahl verursacht nur einen geringfügigen zusätzlichen Energieverbrauch.
- 20 Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung, der in Verbindung mit dem ersten Aspekt vorgesehen werden kann, wird zum Regeln der Stellung des Ventils ein Smith-Regler verwendet, der mittels eines Beobachters in Form eines Modells für den Kühlkreislauf und die Wärmeabgabe der Brennkraftmaschine die Totzeit des Systems laufend schätzt, um geschätzte Kühlmitteltemperaturwerte eines gedachten Systems ohne Totzeit zu erzeugen, die zum Regeln der Ventilstellung verwendet werden.
- 25 Smith-Regler sind an sich bekannt, vgl. z.B. „Matlab“ und „Simulink“, Beispielerorientierte Einführung in die Simulation dynamischer Systeme, Addison-Wesley 1998, S. 353 - 358. Der Smith-Regler hat gegenüber konventionellen Reglern den Vorteil, dass er auch große Totzeiten berücksichtigen kann, um
- 30 zu große stationäre Fehler der Regelung zu vermeiden.
- 35

Die Totzeit des Systems wird zweckmäßigerweise in Abhängigkeit von dem Kühlmittelstrom und der Wärmeabgabe der Brennkraftmaschine geschätzt, wobei die Wärmeabgabe in Abhängigkeit von der Drehzahl und dem Füllungsgrad der Brennkraftmaschine geschätzt werden kann.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand der Zeichnungen dargestellt. Es zeigt:

10 Fig. 1 ein schematisches Schaltbild eines Kühlmittelkreislaufes;

Fig. 2 ein Blockschaltbild einer Regelanlage zum Regeln der Kühlmitteltemperatur;

15 Fig. 3 ein Blockschaltbild eines in der Regelanlage der Fig. 2 verwendeten Reglers;

20 Fig. 4, 5 Diagramme, in denen die Kühlmitteltemperatur über der Zeit aufgetragen sind.

Fig. 1 zeigt in stark schematisierter Darstellung den Kühlmittelkreislauf 1 einer Brennkraftmaschine 2. Der Kühlmittelkreis 1 enthält eine Kühlmittelpumpe 3 und ein Bypassventil 4. Die Kühlmittelpumpe 3 ist eine elektrisch angetriebene Pumpe, beispielsweise eine Radialpumpe, deren Drehzahl regelbar ist. Das Bypassventil 4, das den von der Brennkraftmaschine 2 kommenden Kühlmittelstrom je nach seiner Stellung durch einen Kühler 5 oder am Kühler 5 vorbei zur Kühlmittelpumpe 3 leitet, ist ein Wegeventil, dessen Stellung elektrisch steuerbar ist, wobei je nach Stellung des Bypassventils 4 ein mehr oder weniger großer Anteil des Kühlmittelstroms durch den Kühler 5 geleitet wird.

35 In Fig. 1 sind ferner Temperaturfühler 6, 7 und 8 dargestellt, mit denen die Kühlmitteltemperatur am Auslass und Einlass der Brennkraftmaschine 2 sowie am Auslass des Kühlers

5 erfaßt werden. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass zum Erfassen der Kühlmitteltemperatur am Einlass der Brennkraftmaschine 2 kein eigener Temperaturfühler erforderlich ist, da diese Temperatur auch mit Hilfe anderer Betriebsparameter berechnet oder geschätzt werden kann. Auch der Temperaturfühler 8 am Auslass des Kühlers 5 ist nicht unbedingt erforderlich, während Fühler zum Erfassen weiterer Betriebsparameter wie z.B. zum Erfassen der Drehzahl der Brennkraftmaschine nicht dargestellt sind.

10

Um die Kühlmitteltemperatur des Kühlmittelkreislaufes 1 zu regeln, werden die Drehzahl der Kühlmittelpumpe 3 und die Stellung des Bypassventils 4 mittels Stellsignalen CMF und COC geregelt. Die Stellsignale COC und CMF werden in Abhängigkeit von der Kühlmitteltemperatur am Auslass der Brennkraftmaschine sowie der Differenz der Kühlmitteltemperaturen am Auslass und Einlass der Brennkraftmaschine geregelt. Zum Erzeugen der Stellsignale CMF und COC dient die in Fig. 2 und 3 dargestellte Regelanlage, wobei hinsichtlich der in diesen Figuren verwendeten Abkürzungen auf die als Anlage beigefügte Liste verwiesen sei.

Die in Fig. 2 dargestellte Regelanlage hat eine Sollwertvorgabe 9, die anhand von Kennfeldern in Abhängigkeit von Eingangssignalen N<sub>32</sub> (Drehzahl der Brennkraftmaschine), TQI (Drehmoment der Brennkraftmaschine) und TCO\_OUT\_MES (Istwert der Kühlmitteltemperatur am Brennkraftmaschinenauslass), Sollwertsignale TCO\_OUT\_SET (Sollwert der Kühlmitteltemperatur am Auslass) und TCO\_DELTA\_SET (Sollwert der Differenz der Kühlmitteltemperaturen am Auslass und Einlass) erzeugt. Diese Sollwertsignale werden zusammen mit Istwertsignalen TCO\_OUT\_MES und TCO\_INP\_MES einem Regler 10 zugeführt. Der Regler 10 erzeugt - in noch zu beschreibender Weise - in Abhängigkeit von diesen sowie weiteren Eingangssignalen Ausgangssignale CMF\_CTR und COC\_CTR, die über Additionsglieder 11, 12 und Begrenzungsglieder (SATURATION) geführt werden, um das Stellsignal CMF zum Verstellen der Kühlmittelpumpe 3 bzw.

30

35

das Stellsignal COC zum Verstellen des Bypassventils 4 zu erzeugen. In den Additionsgliedern 11 und 12 können bei abrupten Sollwertänderungen den Ausgangssignalen CMF\_CTR und COC\_CTR des Reglers 10 Signale überlagert werden, wie weiter unten genauer erläutert wird.

Der Regler 10, der in Fig. 3 genauer dargestellt ist, enthält ein Regelglied 13 in Form eines PID-Gliedes, das in Abhängigkeit von den Ist- und Sollwertsignalen TCO\_OUT\_MES, TCO\_INP\_MES und TCO\_DELTA\_SET das Ausgangssignal CMF\_CTR erzeugt, aus dem das Pumpen-Stellsignal CMF gebildet wird.

Der Regler 10 enthält ferner ein Regelglied 14 in Form eines PI- oder PID-Gliedes, das in Abhängigkeit von entsprechenden Eingangssignalen das Ausgangssignal COC\_CTR erzeugt, aus dem das Ventil-Stellsignal COC gebildet wird. Das Fehler-Eingangssignal des Regelgliedes 14 wird jedoch nicht mit den tatsächlich gemessenen Istwerten der Kühlmitteltemperatur am Auslass (TCO\_OUT), sondern mit geschätzten Istwert-Signalen TCO\_OUT\_PRED und CO\_OUT\_PRED\_WO gebildet, die in einem Glied 18 miteinander verknüpft werden. Tatsächlich bildet das Regelglied 14 Teil eines Smith-Reglers, wie im folgenden genauer erläutert wird.

Wie bereits eingangs erwähnt, sind Smith-Regler bekannt. Sie dienen dazu, lange Totzeiten des Systems bei der Regelung zu berücksichtigen. Im Fall des dargestellten Kühlmittelkreislaufes 1 sind die Totzeiten einerseits durch die Dauer der Kühlmittelströmung in den Leitungen und andererseits durch die Dauer der Wärmeübertragung zwischen der Brennkraftmaschine 2 und dem Kühlmittel bedingt.

Zum Erzeugen der dem Glied 18 zugeführten Signale TCO\_OUT\_PRED und TCO\_OUT\_PRED\_WO werden die Ausgangssignale CMF und COC des Reglers 10 um einen Abtastzyklus verzögert (Unit Delay) zu einem Beobachter 15 zurückgeführt, s. das Blockschaltbild der Fig. 2. Der Beobachter 15 schätzt laufend

die Totzeit des Systems. Wie erwähnt, setzt sich die Totzeit aus einem ersten Anteil, der von der Strömung des Kühlmittels durch die Leitungen herrührt, und einem zweiten Anteil, der von der Wärmeabgabe der Brennkraftmaschine herrührt, zusammen. Der erste Anteil wird in Abhängigkeit von dem Pumpen-Stellsignal CMF geschätzt, das ein Maß für den Kühlmittelstrom darstellt. Der zweite Anteil wird in Abhängigkeit von der Wärmeabgabe der Brennkraftmaschine geschätzt. Die Wärmeabgabe hängt von der Drehzahl und dem Füllungsgrad der Brennkraftmaschine ab. Der Beobachter 15 schätzt diese Größen in Abhängigkeit von den Eingangssignalen N<sub>32</sub> (Drehzahl), TQI (Drehmoment), TIA (Temperatur der Luft im Ansaugtrakt) und TEG-DYN (Abgastemperatur).

Der Beobachter 15 stellt gewissermassen ein Modell für den Kühlkreislauf und die Wärmeabgabe der Brennkraftmaschine dar, mit dem ein System ohne die geschätzte Totzeit simuliert werden kann. Mit dessen Hilfe werden die Ausgangssignale TCO\_OUT\_PRED und CO\_OUT\_PRED\_WO erzeugt, bei denen es sich um geschätzte Istwert-Signale für die Kühlmitteltemperatur am Auslass für ein gedachtes System mit Totzeit und ohne Totzeit handelt. Diese beiden Signale werden von dem Glied 18 (Fig. 3) verknüpft, um das geschätzte Fehlersignal für das Regelglied 14 zu erzeugen.

Das Regelglied 14 und der Beobachter 15 bilden somit zusammen einen Smith-Regler, wobei das Regelglied 14 das Stellsignal COC für das Bypass-Ventil unter Berücksichtigung der Totzeit des Systems erzeugt.

Die Regelanlage der Fig. 2 enthält ferner Mittel zum Verrin-  
gern der Totzeit im Fall eines kurzen Lastsprunges, wie er beispielsweise bei einem Überholvorgang stattfindet. Tritt ein entsprechender Lastsprung auf, so wird der Sollwert für die Kühlmitteltemperatur am Auslass der Brennkraftmaschine (TCO\_OUT\_SET) schlagartig verringert, beispielsweise von 110° auf 80°, um den Liefergrad der Brennkraftmaschine zu erhöhen,



d.h. um eine bessere Zylinderfüllung und damit ein höheres Drehmoment zu erzielen.

Der Beobachter 15 erfasst eine derartige schnelle Sollwertänderung der Kühlmitteltemperatur und signalisiert dies mittels eines Ausgangssignales TCU\_OUT\_DOT einer Vorsteuerung 16. Der Vorsteuerung 16 wird außerdem von einem Block 17 ein Betriebszustandssignal TEM\_STATE zugeführt, das Betriebszustände der Brennkraftmaschine wie z.B. die Aufwärmphase und dergleichen signalisiert. Die Vorsteuerung 16, der noch weitere nicht dargestellte Eingangssignale zugeführt werden, ist als PD-Glied ausgebildet, das in Abhängigkeit von entsprechenden Eingangssignalen Vorsteuersignale CMF\_PRECTR für das Stellsignal CMF der Pumpe und COC\_PRECTR für das Stellsignal COC des Bypassventils erzeugt. Der D-Anteil des PD-Gliedes sorgt hierbei für eine entsprechende Voreilung, die aufgrund der Verknüpfung des Signals CMF\_PRECTR über das Additionsglied 11 mit dem Regler-Ausgangssignal CMF\_CTR für eine kurzfristige Erhöhung der Drehzahl der Kühlmittelpumpe sorgt.

Wie Untersuchungen gezeigt haben, lässt sich auf diese Weise die Totzeit um einen Faktor in der Größenordnung von 7 verringern. Dies ist anhand der Fig. 4 und 5 veranschaulicht. Fig. 4 zeigt ein Diagramm für eine Regelung ohne die Vorsteuerung 16, bei der eine Absenkung des Sollwertes für die Kühlmitteltemperatur von z.B. 110° auf 80° eine Totzeit von 9 Sek. ergibt, bis die gemessene Kühlmitteltemperatur den Wert von 80° erreicht hat. Die Fig. 5 zeigt ein entsprechendes Diagramm für eine Regelung mit der Vorsteuerung 16. Durch die kurzfristige Erhöhung der Pumpendrehzahl wird die Totzeit auf 1,5 Sek. verringert.

Wie in Fig. 2 angedeutet, kann die Vorsteuerung 16 auch ein Vorsteuersignal COC\_PRECTR erzeugen, das in dem Additionsglied 12 dem Reglersignal COC\_CTR für das Bypassventil überlagert wird. In einer vereinfachten Ausführung kann das Vorsteuersignal COC\_PRECTR jedoch auch zu Null gemacht werden.

## Liste der in den Fig. 2 und 3 verwendeten Abkürzungen

- TCO = Kühlmitteltemperatur  
OUT = Auslass der Brennkraftmaschine  
5 INP = Einlass der Brennkraftmaschine  
MES = Gemessener Istwert  
SET = Sollwert  
TCO\_DELTA =  $(TCO\_OUT) - (TCO\_INP)$   
TEM\_STATE = Betriebszustandssignal  
10 CMF = Stellsignal für Kühlmittelpumpe  
COC = Stellsignal für Bypassventil  
CTR = Regler  
PRECTR = Vorsteuerung  
N\_32 = Drehzahl der Brennkraftmaschine  
15 TQI = Drehmoment der Brennkraftmaschine  
RAD = Kühler  
DOT = Ableitung  
TIA = Lufttemperatur im Ansaugtrakt  
TEG\_DYN = Abgastemperatur

20

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Regeln der Kühlmitteltemperatur in einem Brennkraftmaschinen-Kühlmittelkreis (1) mit einer elektrisch angetriebenen Kühlmittelpumpe (3) und einem elektrisch steuerbaren Bypassventil (4), das einen veränderlichen Teil des Kühlmittelstroms durch eine einen Kühler (5) enthaltende Bypassleitung führt,
- 5
- 10 bei welchem Verfahren die Drehzahl der Kühlmittelpumpe (3) und die Stellung des Bypassventils (4) in Abhängigkeit von der Kühlmitteltemperatur am Ausgang der Brennkraftmaschine (2) und von der Differenz zwischen den Kühlmitteltemperaturen am Ausgang und Eingang der Brennkraftmaschine (2) geregelt
- 15 werden,
- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
- d a s s bei abrupten Änderungen des Sollwertes für die Kühlmitteltemperatur die Drehzahl der Kühlmittelpumpe (3) kurzfristig angehoben wird.
- 20
2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Regelung für die Drehzahl der Kühlmittelpumpe (3) eine Vorsteuerung (14) enthält, die das kurzfristige Anheben der Drehzahl bewirkt.
- 25
3. Verfahren nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s als Vorsteuerung (14) ein PD-Glied verwendet wird.
- 30
4. Verfahren zum Regeln der Kühlmitteltemperatur in einem Brennkraftmaschinen-Kühlmittelkreis (1) mit einer elektrisch angetriebenen Kühlmittelpumpe (3) und einem elektrisch steuerbaren Bypassventil (4), das einen veränderlichen Teil des Kühlmittelstroms durch eine einen Kühler (5) enthaltende Bypassleitung führt,
- 35

bei welchem Verfahren die Drehzahl der Kühlmittelpumpe (3) und die Stellung des Bypassventils (4) in Abhängigkeit von der Kühlmitteltemperatur am Ausgang der Brennkraftmaschine (2) und von der Differenz zwischen den Kühlmitteltemperaturen am Ausgang und Eingang der Brennkraftmaschine (2) geregelt werden, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

10

d a s s zum Regeln der Stellung des Bypassventils (3) ein Smith-Regler (14,15,18) verwendet wird, der mittels eines Beobachters (15) in Form eines Modells für den Kühlkreislauf (1) und die Wärmeabgabe der Brennkraftmaschine (2) die Totzeit des Systems laufend schätzt, um geschätzte Kühlmitteltemperaturwerte eines gedachten Systems ohne Totzeit zu erzeugen, die zum Regeln der Ventilstellung verwendet werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, d a d u r c h  
20 g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Totzeit in Abhängigkeit von dem Kühlmittelstrom und der Wärmeabgabe der Brennkraftmaschine (2) geschätzt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, d a d u r c h  
25 g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Wärmeabgabe der Brennkraftmaschine (3) in Abhängigkeit von der Drehzahl und dem Füllungsgrad der Brennkraftmaschine (3) geschätzt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5, d a d u r c h  
30 g e k e n n z e i c h n e t, d a s s der Smith-Regler (14,15,18) ein Regelglied (14) in Form eines PI- oder PID-Gliedes enthält, das in Abhängigkeit von den geschätzten Kühlmitteltemperaturwerten ein Stellsignal für das Bypassventil (4) erzeugt.

FIG 1

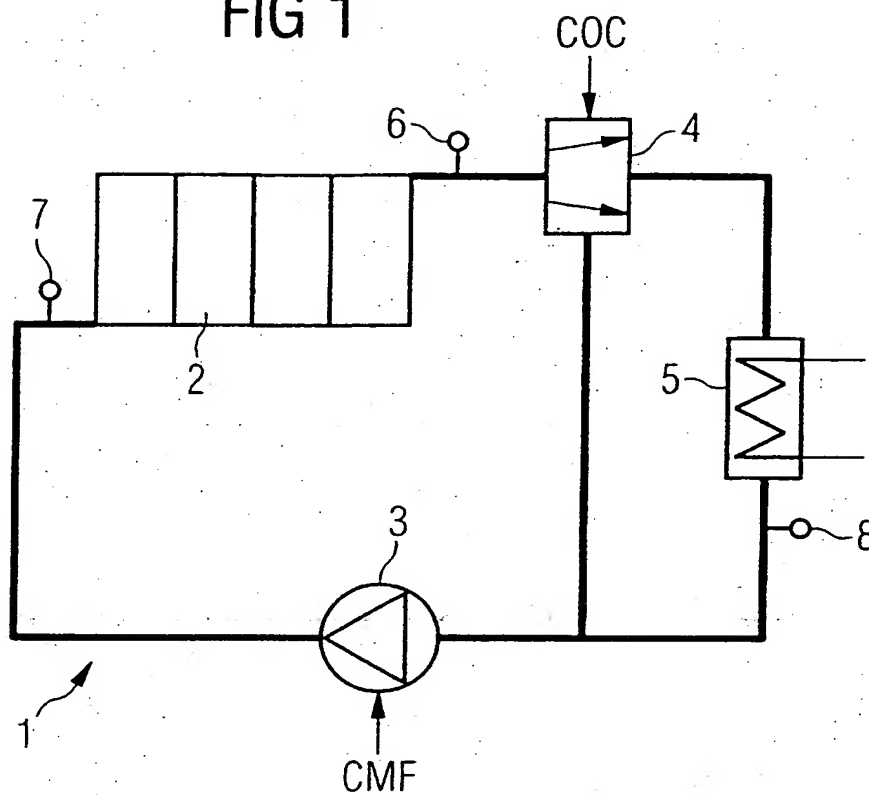
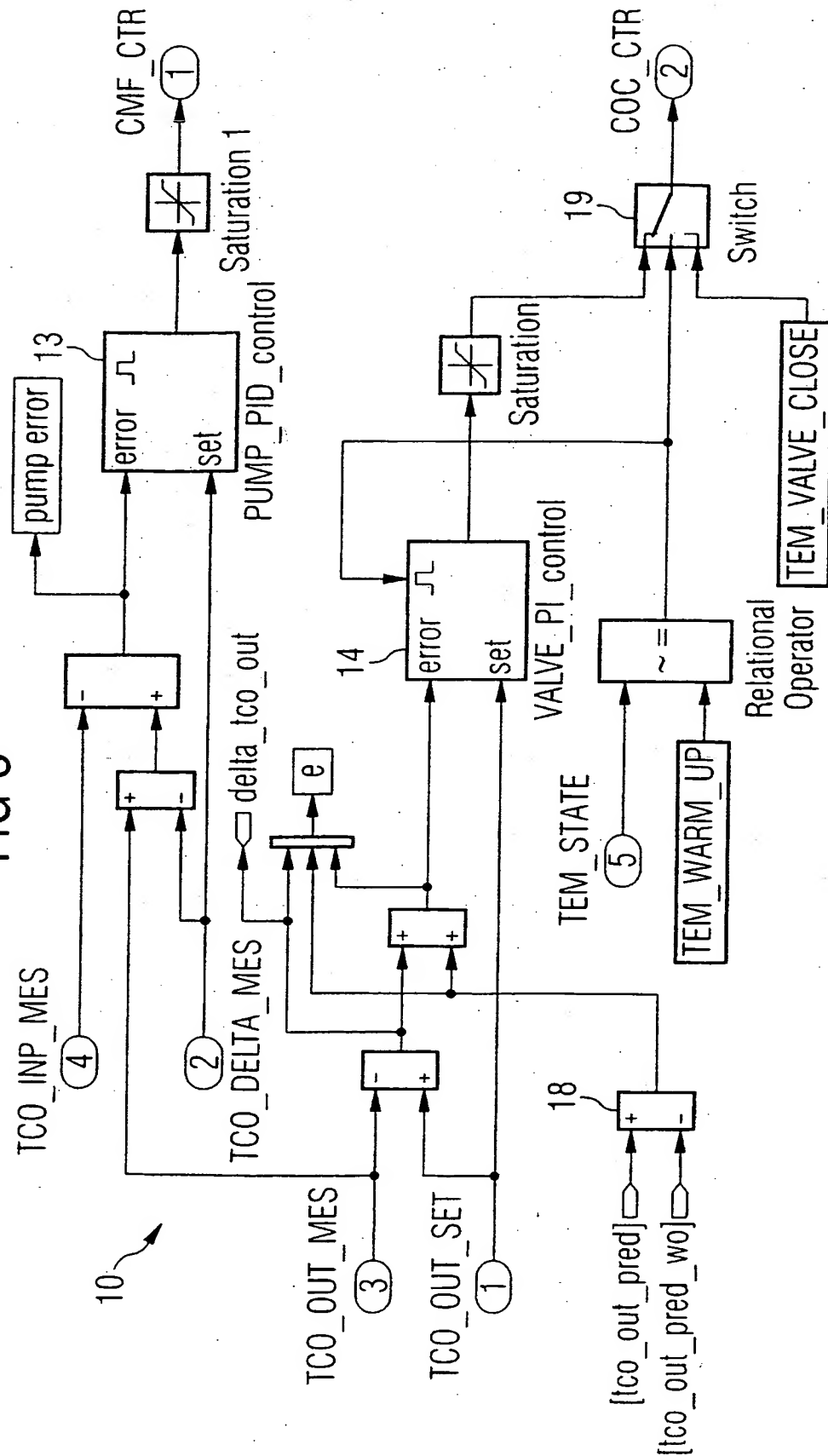




FIG 3



4/4

FIG 4

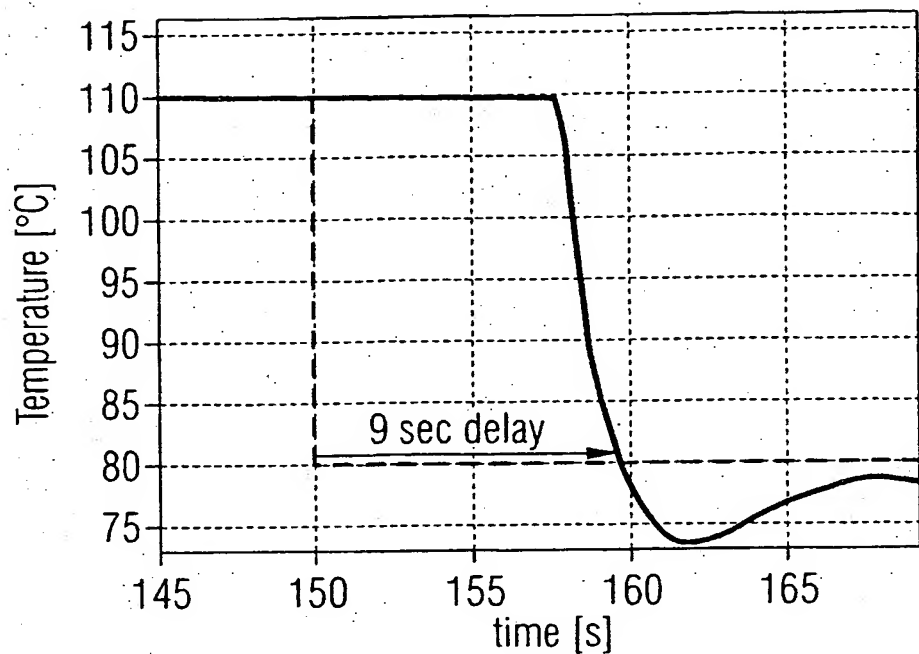
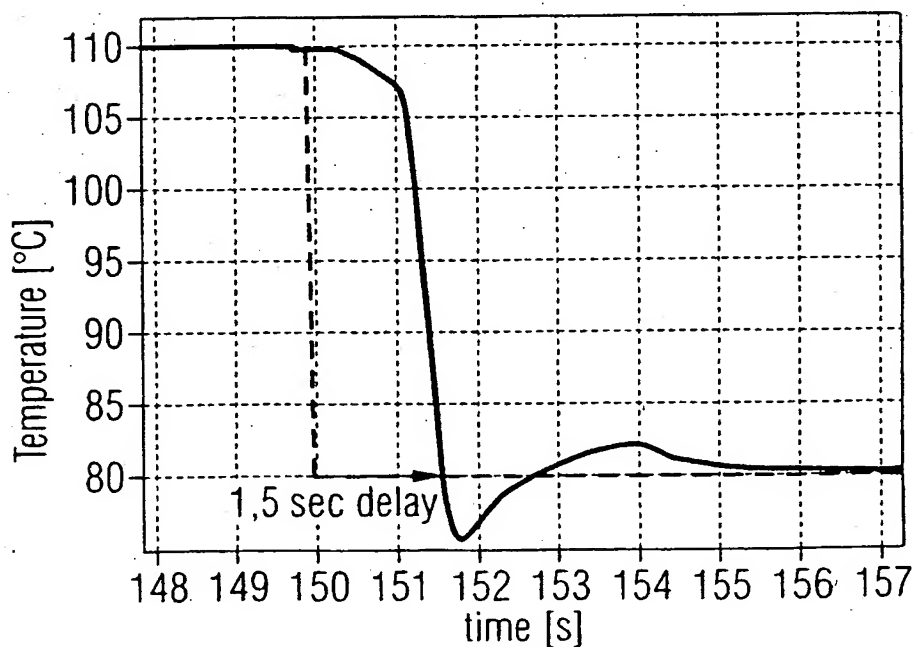


FIG 5





## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 02/01574A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 F01P7/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 F01P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

PAJ, EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 965 737 A (SIEMENS CANADA) 22 December 1999 (1999-12-22) page 5, line 26 - line 44; figures abstract ---	1,4
A	US 6 055 947 A (OKUNO) 2 May 2000 (2000-05-02) column 2, line 31 - line 37 column 3, line 13 - line 20 column 10, line 8 - line 17; claims 1,3; figures ---	1,2,4
A	FR 2 749 613 A (RENAULT) 12 December 1997 (1997-12-12) abstract; figures --- -/-	4

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 August 2002

Date of mailing of the international search report

29/08/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kooijman, F

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

national Application No

PCT/DE 02/01574

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, A	FR 2 808 305 A (VALEO) 2 November 2001 (2001-11-02) page 6, line 6 -page 7, line 34; figures -----	1
A	EP 0 557 113 A (HONDA) 25 August 1993 (1993-08-25) abstract; figures -----	1

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

national Application No

PCT/DE 02/01574

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 965737	A	22-12-1999	US 6178928 B1 EP 0965737 A2	30-01-2001 22-12-1999
US 6055947	A	02-05-2000	DE 19902822 A1	27-07-2000
FR 2749613	A	12-12-1997	FR 2749613 A1 DE 69701526 D1 DE 69701526 T2 EP 0904485 A1 WO 9747868 A1	12-12-1997 27-04-2000 21-09-2000 31-03-1999 18-12-1997
FR 2808305	A	02-11-2001	FR 2808305 A1	02-11-2001
EP 557113	A	25-08-1993	JP 3044502 B2 JP 5231148 A JP 3044503 B2 JP 5231149 A JP 2704806 B2 JP 5288054 A DE 69325044 D1 DE 69325044 T2 EP 0557113 A2 US 5390632 A	22-05-2000 07-09-1993 22-05-2000 07-09-1993 26-01-1998 02-11-1993 01-07-1999 30-09-1999 25-08-1993 21-02-1995

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 F01P7/16

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 F01P

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

PAJ, EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 965 737 A (SIEMENS CANADA) 22. Dezember 1999 (1999-12-22) Seite 5, Zeile 26 - Zeile 44; Abbildungen Zusammenfassung ----	1,4
A	US 6 055 947 A (OKUNO) 2. Mai 2000 (2000-05-02) Spalte 2, Zeile 31 - Zeile 37 Spalte 3, Zeile 13 - Zeile 20 Spalte 10, Zeile 8 - Zeile 17; Ansprüche 1,3; Abbildungen ----	1,2,4
A	FR 2 749 613 A (RENAULT) 12. Dezember 1997 (1997-12-12) Zusammenfassung; Abbildungen ----- -/-	4



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

23. August 2002

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

29/08/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kooijman, F

## C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P, A	FR 2 808 305 A (VALEO) 2. November 2001 (2001-11-02) Seite 6, Zeile 6 -Seite 7, Zeile 34; Abbildungen -----	1
A	EP 0 557 113 A (HONDA) 25. August 1993 (1993-08-25) Zusammenfassung; Abbildungen -----	1

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 965737	A	22-12-1999	US	6178928 B1	30-01-2001
			EP	0965737 A2	22-12-1999
US 6055947	A	02-05-2000	DE	19902822 A1	27-07-2000
FR 2749613	A	12-12-1997	FR	2749613 A1	12-12-1997
			DE	69701526 D1	27-04-2000
			DE	69701526 T2	21-09-2000
			EP	0904485 A1	31-03-1999
			WO	9747868 A1	18-12-1997
FR 2808305	A	02-11-2001	FR	2808305 A1	02-11-2001
EP 557113	A	25-08-1993	JP	3044502 B2	22-05-2000
			JP	5231148 A	07-09-1993
			JP	3044503 B2	22-05-2000
			JP	5231149 A	07-09-1993
			JP	2704806 B2	26-01-1998
			JP	5288054 A	02-11-1993
			DE	69325044 D1	01-07-1999
			DE	69325044 T2	30-09-1999
			EP	0557113 A2	25-08-1993
			US	5390632 A	21-02-1995